

DOI <http://dx.doi.org/10.36722/sst.v10i2.3696>

Dual Sistem Keamanan Pada Pintu Dengan Pengenalan Wajah *Local Binary Pattern Histogram* (LBPH) Dan Sidik Jari serta Notifikasi Telegram

Abi Maulana^{1*}, Aulia Ullah¹, Ahmad Faizal¹, Hilman Zarory¹¹Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Jl. HR Soebrantas No. 155 Panam, Pekanbaru, 28293.Penulis untuk Korespondensi/E-mail: abimaulana738@gmail.com

Abstract – Conventional door security systems, such as padlocks and manual keys, have weaknesses, including vulnerability to duplication and the risk of loss. Biometric-based systems, such as facial recognition, offer a more reliable solution through unique user identification. This study develops a door security system using the Local Binary Pattern Histogram (LBPH) method for facial recognition, complemented by fingerprint verification as an additional security layer and real-time notifications via the Telegram application. The LBPH method was chosen for its ease of implementation and processing speed, although it has limitations such as sensitivity to lighting changes and potential recognition errors due to similar facial textures. The system utilizes LBPH for initial authentication, followed by fingerprint verification. Users also receive real-time notifications via Telegram to monitor access attempts. Testing showed a facial recognition accuracy of 85% under bright lighting conditions at distances of 30–150 cm, but it decreased to 65% in dim lighting. Fingerprint verification took approximately 2 seconds, while notification delivery required 1–2 seconds on a stable internet network. This system enhances security by ensuring only registered users can unlock the door. If facial recognition fails, the door remains locked without valid fingerprint verification.

Abstrak - Sistem keamanan pintu konvensional seperti gembok dan kunci manual memiliki kelemahan, seperti kerentanan terhadap duplikasi dan risiko kehilangan. Sistem berbasis biometrik, seperti pengenalan wajah, menawarkan solusi lebih andal melalui identifikasi pengguna secara unik. Penelitian ini mengembangkan sistem keamanan pintu menggunakan Metode *Local Binary Pattern Histogram* (LBPH) untuk pengenalan wajah, dilengkapi verifikasi sidik jari sebagai lapisan keamanan tambahan serta notifikasi real-time melalui aplikasi Telegram. Metode LBPH dipilih karena kemudahan implementasi dan kecepatan prosesnya, meskipun memiliki kelemahan berupa sensitivitas terhadap perubahan pencahayaan dan potensi kesalahan pengenalan akibat kemiripan tekstur wajah. Sistem ini memanfaatkan LBPH untuk autentikasi awal, yang diikuti dengan verifikasi sidik jari. Pengguna juga menerima notifikasi *real-time* melalui Telegram untuk memantau upaya akses. Pengujian menunjukkan akurasi pengenalan wajah mencapai 85% dalam pencahayaan terang pada jarak 30–150 cm, namun menurun menjadi 65% dalam pencahayaan redup. Waktu verifikasi sidik jari sekitar 2 detik, sedangkan pengiriman notifikasi memerlukan 1–2 detik pada jaringan internet stabil. Sistem ini meningkatkan keamanan dengan memastikan hanya pengguna terdaftar yang dapat membuka pintu. Jika pengenalan wajah gagal, pintu tetap terkunci tanpa verifikasi sidik jari yang valid.

Keywords - Face Recognition, Fingerprint Sensor, LBPH, Security System, Telegram Notification.

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi yang terus berkembang menghasilkan berbagai inovasi, baik berupa

teknologi baru maupun pengembangan dari teknologi yang telah ada sebelumnya. Salah satu perkembangan signifikan terlihat pada sistem keamanan, khususnya sistem keamanan pintu pada

ruangan yang bersifat pribadi [1]. Aktivitas sehari-hari sering kali mengharuskan seseorang meninggalkan rumah atau ruangan dalam keadaan kosong [2]. Secara umum, sistem keamanan pintu saat ini masih mengandalkan gembok atau kunci konvensional [3], yang memiliki beberapa kelemahan seperti mudah dibuka atau dirusak oleh pihak yang tidak bertanggung jawab, risiko kehilangan kunci, serta kemungkinan penggandaan kunci yang dapat disalahgunakan [4]. Oleh karena itu, diperlukan sistem keamanan pintu yang lebih inovatif dan memiliki tingkat perlindungan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kunci atau gembok konvensional. Salah satu solusi yang dapat diimplementasikan adalah sistem keamanan berbasis pengenalan biometrik. Pengenalan wajah merupakan salah satu teknologi biometrik yang banyak digunakan, karena memungkinkan akses ke suatu ruangan hanya oleh individu yang telah terdaftar, sekaligus memiliki tingkat keamanan yang tinggi dan sulit untuk dipalsukan.

Pengenalan wajah merupakan metode identifikasi biometrik yang menggunakan karakteristik wajah individu sebagai parameter utama untuk proses pengenalan [5]. Salah satu metode yang sering digunakan dalam sistem pengenalan wajah adalah *Local Binary Patterns Histogram* (LBPH). LBPH merupakan fitur yang berfungsi untuk mengklasifikasikan citra dengan menggabungkan pola biner lokal dan histogram yang bertujuan untuk meningkatkan kinerja pengenalan wajah. Metode ini bekerja dengan menganalisis tekstur wajah dan menghasilkan histogram pola biner lokal sebagai dasar untuk mengenali wajah. LBPH merupakan salah satu dari tiga metode pengenalan wajah yang tersedia dalam pustaka OpenCV [6].

Metode pengenalan wajah LBPH banyak digunakan dalam sistem pengenalan wajah *real-time* karena memiliki akurasi tinggi, kemudahan implementasi, dan kecepatan eksekusi dibandingkan metode lain di pustaka OpenCV [7], namun LBPH memiliki kelemahan seperti sensitivitas terhadap perubahan pencahayaan, pergerakan wajah dan jarak kamera yang dapat memengaruhi akurasi ekstraksi fitur. Akibatnya, wajah yang sama berpotensi diidentifikasi secara berbeda. Selain itu, hasil percobaan menunjukkan bahwa wajah yang tidak terdaftar dapat dikenali sebagai pengguna terdaftar akibat kemiripan fitur tekstur wajah.

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas sistem pengenalan wajah menggunakan Metode *Local Binary Pattern Histogram* (LBPH) dan

penerapannya pada sistem keamanan pintu. Pada penelitian yang mengkaji penggunaan Metode *Haar-Cascade Classifier* dan LBPH untuk pengenalan wajah secara *real-time*. Sistem ini meliputi tahapan deteksi wajah, pengumpulan *dataset*, pelatihan *dataset* dan pengenalan wajah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode ini mampu mendeteksi wajah dengan baik, namun terdapat kegagalan pengenalan wajah akibat faktor pencahayaan, pergerakan wajah, ekspresi wajah dan jarak antara kamera dan pengguna [8].

Penelitian berikutnya dengan metode yang sama dengan judul sistem absensi berbasis pengenalan wajah dengan menggunakan Metode LBPH yang diimplementasikan pada perangkat Raspberry Pi. Data wajah diunggah oleh mahasiswa melalui situs web untuk melatih sistem, menghasilkan nilai LBPH dan disimpan dalam satu berkas. Sistem ini mampu beroperasi secara *real-time* selama 8 jam tanpa henti dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi, namun beberapa kesalahan deteksi wajah masih terjadi akibat faktor pencahayaan [9].

Penelitian selanjutnya tentang implementasi *face recognition* untuk mengakses ruangan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem keamanan berbasis *face recognition* menggunakan Arduino Uno untuk mengakses ruangan pribadi dengan algoritma *Local Binary Pattern Histogram* (LBPH). Sistem mendeteksi wajah melalui kamera, mencocokkannya dengan data pada basis data dan membuka pintu jika wajah dikenali. Implementasi ini meningkatkan keamanan ruangan pribadi melalui pemanfaatan komponen elektronik dan algoritma LBPH, namun kinerja sistem dipengaruhi oleh kualitas gambar yang bergantung pada pencahayaan dan posisi wajah, sehingga potensi kesalahan dalam pengenalan wajah masih ditemukan [10].

Penelitian tentang implementasi sistem otomatisasi pintu pada *smart home* menggunakan teknologi pengenalan wajah dengan Metode *Haar-Cascade* dan LBPH pada Raspberry Pi menunjukkan bahwa sistem ini efektif meningkatkan keamanan. Sistem ini memanfaatkan kamera untuk menangkap gambar wajah, menyimpan data ke dalam *dataset* dan menggunakan Motor DC untuk membuka serta menutup pintu berdasarkan hasil pengenalan wajah, namun penelitian ini juga mengidentifikasi kelemahan pada metode yang digunakan yaitu kesalahan pengenalan wajah akibat sensitivitas terhadap gangguan seperti *noise* [11].

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, hal ini menunjukkan bahwa metode LBPH masih memiliki keterbatasan yang dapat menjadi potensi celah keamanan apabila digunakan sebagai sistem keamanan pintu. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan sistem keamanan pada metode pengenalan wajah LBPH serta penambahan teknologi biometrik lain ke dalam perangkat. Dalam hal meningkatkan akurasi LBPH, data wajah akan diambil dalam berbagai kondisi pencahayaan. Penelitian ini juga mengembangkan sistem keamanan pada pintu dengan menambahkan sensor sidik jari sebagai lapisan verifikasi kedua serta mengintegrasikan notifikasi melalui aplikasi Telegram untuk memantau dan meningkatkan keamanan akses pintu.

Penggunaan sensor sidik jari memberikan lapisan keamanan tambahan yang memiliki tingkat akurasi tinggi, sulit untuk dipalsukan dan tidak dipengaruhi oleh kondisi pencahayaan [12],[13]. Jika identifikasi wajah dengan LBPH masih mengalami kegagalan pengenalan, maka verifikasi sidik jari memastikan hanya individu terverifikasi yang dapat mengakses. Sebagai langkah pengawasan, sistem ini terintegrasi dengan aplikasi Telegram untuk memberikan notifikasi *real-time*. Notifikasi mencakup foto wajah yang diambil oleh kamera ketika seseorang mencoba mengakses pintu, sehingga pemilik rumah dapat memantau dan mengambil tindakan jika ada aktivitas mencurigakan. Dengan menggabungkan pengenalan wajah menggunakan LBPH, verifikasi sidik jari dan bot Telegram sebagai alat pemantauan, sistem ini diharapkan mampu mengatasi berbagai permasalahan keamanan, memberikan kenyamanan serta meningkatkan rasa aman bagi pemilik rumah.

METODE

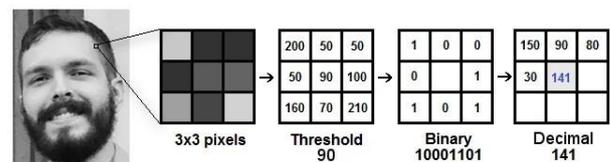
Pengenalan Wajah

Pengenalan wajah merupakan salah satu metode biometrik yang berfungsi untuk mengidentifikasi atau memverifikasi identitas seseorang melalui gambar digital. Metode ini bekerja dengan membandingkan pola dan tekstur wajah individu dengan data wajah yang telah tersimpan dalam basis data. Proses pengenalan wajah terdiri atas tiga tahapan utama. Tahap pertama adalah *face detection*, di mana sistem mendeteksi keberadaan wajah pada gambar atau video yang diberikan. Tahap kedua adalah *feature extraction* yaitu proses ekstraksi fitur untuk memperoleh karakteristik unik dari wajah yang terdeteksi. Tahap terakhir adalah *face recognition* yaitu mencocokkan wajah dengan

karakteristik tertentu yang telah diketahui dengan data wajah yang tersimpan dalam basis data [14].

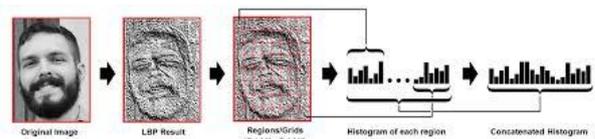
LBPH

Local Binary Patterns Histogram (LBPH) adalah salah satu dari tiga metode pengenalan wajah dalam pustaka OpenCV, yang dirancang untuk pemrosesan citra dan video (Gambar 1). Metode ini sering digunakan dalam visi komputer, pengolahan citra dan pengenalan pola, karena kinerjanya yang baik pada gambar wajah beresolusi rendah dengan hanya mengandalkan pola lokal. LBPH sederhana untuk diimplementasikan dan membutuhkan sumber daya komputasi lebih sedikit dibandingkan teknik berbasis pembelajaran mendalam. Algoritma ini mendeteksi pola tekstur dengan membandingkan setiap piksel dengan piksel di sekitarnya, kemudian menghitung histogram untuk mencocokkan wajah yang terdeteksi kamera dengan wajah dalam basis data [15].



Gambar 1. Proses LBP [16]

Pada metode LBPH, citra terlebih dahulu mengalami pengolahan awal dengan mengubah citra berwarna (RGB) menjadi citra skala abu-abu (*grayscale*). Pada citra *grayscale*, setiap piksel memiliki nilai intensitas tunggal dalam rentang 0 hingga 255, di mana semakin mendekati 255, piksel semakin terang. Nilai intensitas kemudian dikonversi ke bentuk biner dengan membandingkannya dengan nilai tengah, jika lebih besar atau sama dengan nilai tengah nilai biner adalah 1, jika lebih kecil nilai biner adalah 0. Deret biner yang dihasilkan selanjutnya diubah menjadi nilai desimal yang digunakan untuk menentukan nilai baru pada piksel tengah. Deret biner ini dikenal sebagai kode LBP [17].



Gambar 2. Ekstraksi Histogram [16]

Setelah mendapatkan citra biner lokal, langkah berikutnya adalah melakukan ekstraksi histogram nilai LBP menggunakan metode *Histograms of Oriented Gradients* (HOG). Teknik ini mengekstraksi fitur berdasarkan distribusi lokal dari

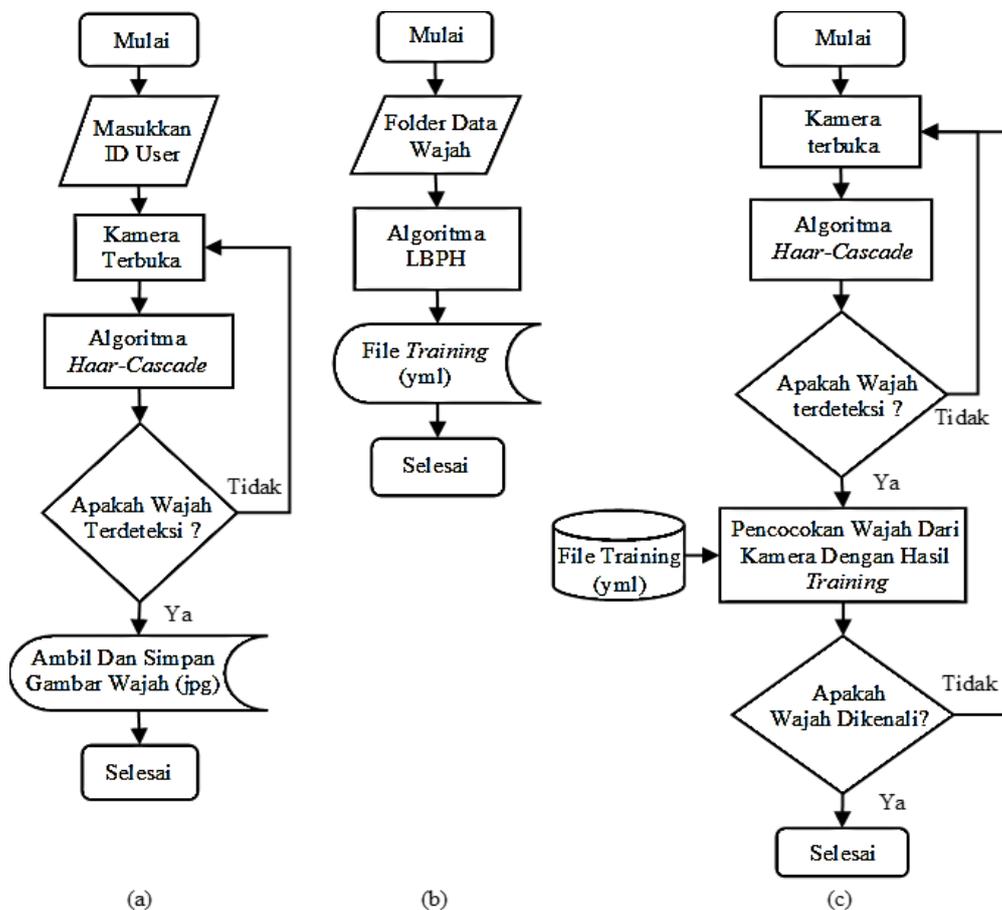
intensitas gradien pada setiap piksel dalam objek citra. Pada Metode HOG yang digunakan untuk pengenalan wajah, ukuran sel didefinisikan sebagai kelompok atau kombinasi piksel, sementara blok terdiri dari kumpulan sel yang disertai dengan jumlah bin orientasi yang berfungsi menyimpan arah dan magnitudo gradien. Parameter-parameter ini akan memengaruhi hasil vektor fitur yang dihasilkan serta tingkat akurasi yang tercapai [18].

Gambar 3 merupakan langkah-langkah untuk melakukan sistem pengenalan wajah LBPH secara *real-time*. Langkah-langkah sistem pengenalan wajah LBPH secara *real-time* diawali dengan pengambilan data wajah melalui kamera, di mana pengguna diminta memasukkan id untuk membedakan satu pengguna dengan lainnya. Algoritma *Haar-cascade* mendeteksi wajah pada gambar yang diambil, kemudian menyimpan gambar tersebut ke folder tertentu. Data wajah yang terkumpul selanjutnya dilatih menggunakan metode LBPH untuk mengekstraksi fitur wajah sehingga sistem dapat mengenali pengguna berdasarkan id yang dimasukkan. Proses pelatihan menghasilkan file dengan ekstensi *yml*. Setelah pelatihan selesai,

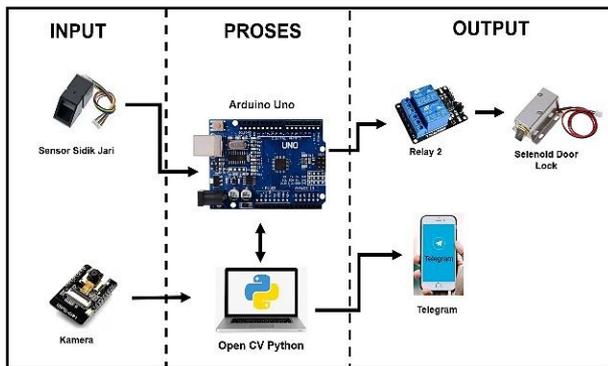
sistem melanjutkan ke tahap pengenalan wajah secara *real-time*. Kamera akan mendeteksi wajah secara langsung menggunakan algoritma *Haar-cascade*. Ketika wajah terdeteksi, metode LBPH melakukan prediksi dengan membandingkan wajah yang terdeteksi dengan data pelatihan pada file *yml*. Jika wajah sesuai dengan data pelatihan, sistem akan menampilkan kotak persegi di sekitar wajah serta id pengguna.

Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras dalam sistem ini terdiri dari tiga bagian utama, yaitu *input*, proses, dan *output*. Pada bagian *input*, digunakan kamera ESP32-CAM dan sensor sidik jari. Bagian proses melibatkan penggunaan laptop/PC dengan perangkat lunak OpenCV Python untuk melakukan pengenalan wajah serta mengirimkan notifikasi melalui Telegram, dan mikrokontroler Arduino Uno yang bertugas mengendalikan keseluruhan sistem. Adapun bagian *output* mencakup notifikasi Telegram yang dikirim ke smartphone pengguna serta pengendalian *solenoid door lock* untuk membuka atau mengunci pintu.



Gambar 3. Alur Sistem Pengenalan Wajah LBPH (a) Pengambilan Data Wajah (b) *Training* Data Wajah (c) Pengenalan Wajah Secara *Real-Time*.

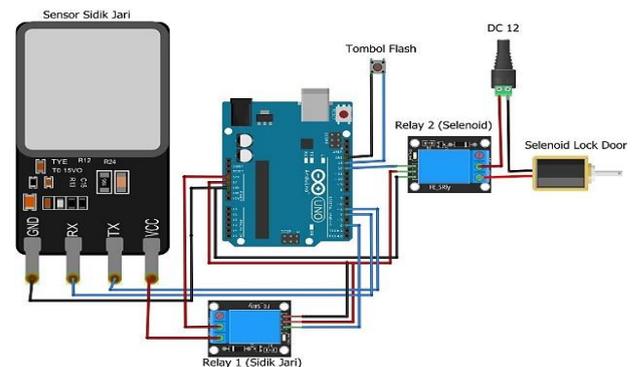


Gambar 4. Perancangan Sistem Dual Keamanan Pengenalan Wajah dan Sidik Jari Serta Notifikasi Telegram

Berdasarkan gambar 4, cara kerja alat dimulai dengan kamera ESP32-CAM yang mengambil gambar wajah pengguna secara *real-time*. Wajah yang terdeteksi kemudian diproses menggunakan perangkat lunak OpenCV Python. Jika wajah berhasil dikenali, kamera akan mengambil gambar wajah pengguna dan mengirimkannya sebagai notifikasi ke aplikasi Telegram. Setelah itu, OpenCV akan memberikan perintah kepada Arduino untuk mengaktifkan sensor sidik jari guna melakukan verifikasi. Apabila verifikasi sidik jari berhasil, sistem akan mengaktifkan solenoid untuk membuka kunci pintu.

Gambar 5 merupakan skema rangkaian yang dirancang menggunakan perangkat lunak fritzing. Skema ini berguna untuk menghubungkan komponen-komponen sehingga berfungsi dengan baik saat diimplementasikan pada perangkat. Berikut fungsi dari masing-masing komponen (1) Arduino Uno berfungsi sebagai otak untuk

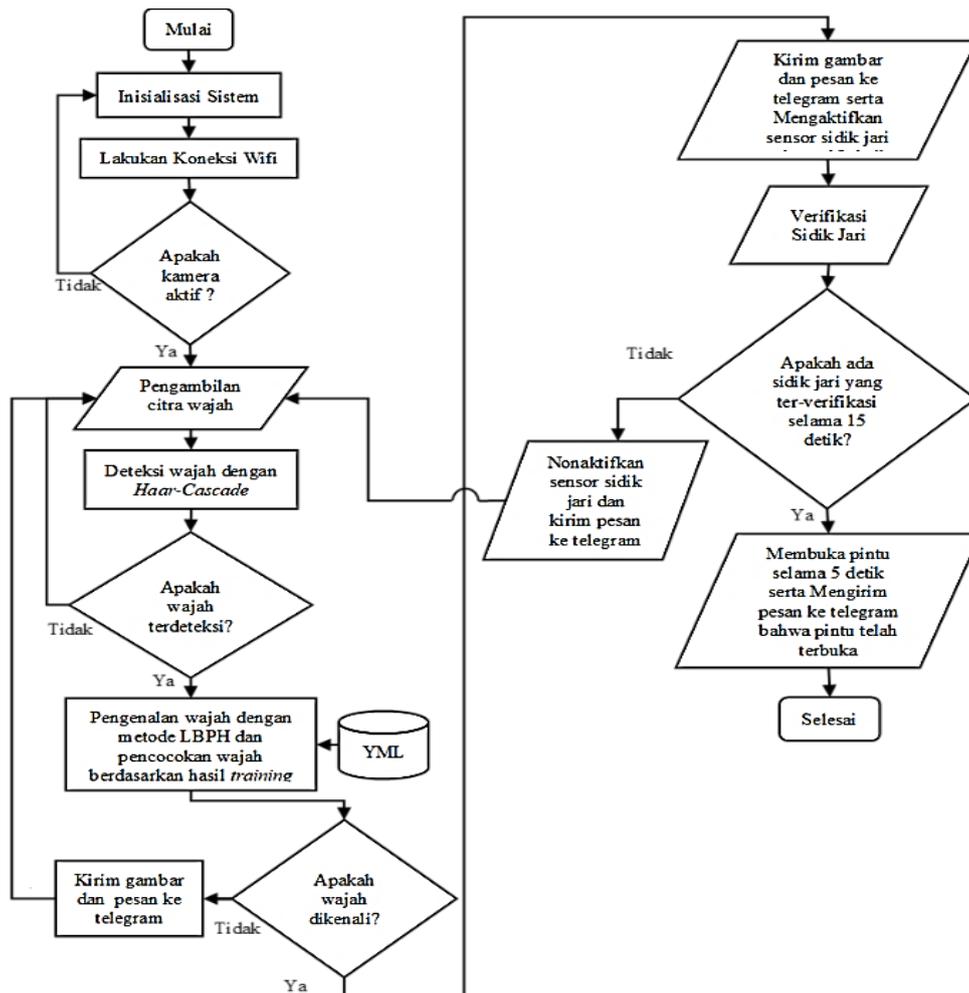
mengendalikan sistem, (2) Sensor sidik jari berfungsi sebagai merekam dan membaca sidik jari yang telah terdaftar untuk mengakses pintu, (3) Relay 1 berfungsi untuk mengaktifkan dan mematikan sensor sidik jari, (4) Relay 2 berfungsi sebagai membuka dan menutup *solenoid lock door* untuk akses pintu, (5) *Solenoid Lock Door* sebagai pengunci pintu, (6) Tombol *flash* berfungsi untuk menghidupkan lampu *flash* pada kamera ESP32-CAM.



Gambar 5. Skema Rangkaian Perangkat Keras

Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak merupakan langkah penting untuk memahami cara kerja sistem secara keseluruhan. Sistem ini menggunakan koneksi serial untuk komunikasi antara dua bahasa pemrograman. Python bertugas mengelola pengenalan wajah dan pengiriman notifikasi melalui Telegram, sedangkan C++ digunakan untuk mengontrol sensor sidik jari, sensor sentuh dan *relay* yang mengendalikan solenoid pada kunci pintu.



Gambar 6. Flowchart Alur Sistem Dual Keamanan Pengenalan Wajah LBPH Dan Sidik Jari Notifikasi Telegram

Berdasarkan alur sistem pada flowchart gambar 6, langkah awal adalah inisialisasi sistem, meliputi pembuatan model dan deteksi wajah, registrasi sidik jari, pembuatan objek bot Telegram serta pengaturan port serial untuk komunikasi antara kode Python dan Arduino Uno melalui koneksi serial. Sistem kemudian menghubungkan ESP32-CAM ke jaringan yang sama untuk menampilkan siaran langsung. Setelah kamera aktif, algoritma Haar-Cascade mendeteksi wajah, jika terdeteksi metode LBPH mencocokkan wajah dengan data pelatihan dalam basis data berformat file yml. Jika wajah dikenali, sistem mengambil foto, mengirimkannya ke Telegram dan mengaktifkan sensor sidik jari selama 15 detik untuk verifikasi. Apabila tidak ada sidik jari yang terverifikasi dalam waktu tersebut, sensor dinonaktifkan dan pintu tetap terkunci, namun jika verifikasi sidik jari berhasil, pintu akan terbuka selama 5 detik dan notifikasi bahwa pintu telah terbuka akan dikirimkan ke Telegram.

HASIL DAN PEMBAHASAN

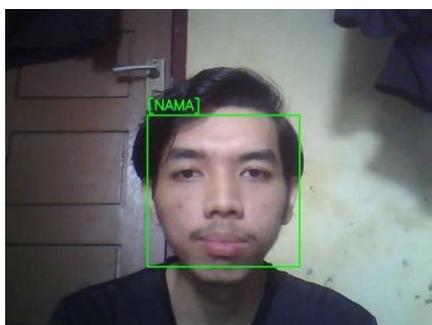
Pengujian Pengenalan Wajah Dengan Metode LBPH

Pengujian ini dilakukan untuk mengukur tingkat keberhasilan sistem dalam mengenali wajah menggunakan metode LBPH. Sebelum melakukan pengujian, langkah awal yang dilakukan adalah mengumpulkan dataset foto wajah dari pengguna dan melakukan pelatihan (training) pada dataset tersebut.



Gambar 7. Folder Data Set & Hasil Training

Gambar 7 menunjukkan hasil pengambilan *dataset* wajah pengguna dan proses pelatihan yang menghasilkan *file* dalam format *yml*, untuk menghasilkan *file .yml*, semua foto wajah disimpan dalam satu folder dengan format *jpg* dan setiap pengguna diberi ID unik untuk memudahkan identifikasi. Penelitian ini melibatkan tiga pengguna, masing-masing di foto sebanyak 50 kali dalam kondisi pencahayaan bervariasi di lokasi yang sama. Setelah data wajah terkumpul, pelatihan dilakukan menggunakan Metode LBPH untuk menganalisis pola tekstur dan nilai histogram setiap wajah. Hasil pelatihan ini disimpan dalam *file .yml* dan digunakan untuk mengenali wajah pengguna secara *real-time* melalui kamera.



Gambar 8. Tampilan Saat Wajah Dikenali

Gambar 8 ditunjukkan hasil dari proses pengenalan wajah menggunakan Metode LBPH secara *real-time*. Wajah yang terdeteksi dan dikenali akan ditandai dengan kotak hijau di sekitar area wajah, beserta nama pengguna yang telah terdaftar saat pengambilan data wajah. Sementara itu, wajah yang tidak dikenali akan ditandai dengan kotak merah dan label “Unknown” atau “tidak dikenal,” seperti yang ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9. Tampilan Saat Wajah Dikenali

Pada pengujian pengenalan wajah ini hanya dilakukan pada salah satu pengguna yang wajahnya telah dilatih dengan menghadap ke kamera dan diuji dalam berbagai kondisi pencahayaan terang, redup dan gelap serta jarak yang berbeda. Dalam kondisi terang, detail fitur wajah terlihat dengan jelas. Pada

pencahayaan redup, wajah masih tampak, tetapi detailnya mulai memudar. Sementara itu, dalam kondisi gelap, wajah menjadi sulit terlihat secara visual tanpa bantuan pencahayaan tambahan. Setiap pengujian dilakukan sebanyak 5 kali pengulangan untuk setiap jarak. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Pengenalan Wajah

Kondisi Pencahayaan	Jarak (cm)	Hasil Pengenalan Wajah	
		Wajah Dikenali	Wajah Tidak Dikenali
Terang	30 cm	5	-
	50 cm	5	-
	100 cm	5	-
	150 cm	2	3
Redup	30 cm	5	-
	50 cm	5	-
	100 cm	3	2
	150 cm	-	5
Gelap	30 cm	-	5
	50 cm	-	5
	100 cm	-	5
	150 cm	-	5

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 1, untuk menghitung persentase keberhasilan sistem dalam mengenali wajah berdasarkan kondisi pencahayaan dan jarak, dapat menggunakan rumus (1).

$$\text{Keberhasilan} = \frac{\text{Jumlah yang dikenali}}{\text{Total uji}} \times 100 \quad (1)$$

Pada kondisi pencahayaan terang, akurasi pengenalan wajah menggunakan Metode LBPH pada jarak 30–150 cm mencapai 85%, dengan tingkat keberhasilan tertinggi pada jarak 30 cm dan 50 cm. Dalam kondisi pencahayaan redup, tingkat keberhasilan menurun menjadi 65%, dengan pola yang sama, keberhasilan tertinggi pada jarak 30 cm dan 50 cm. Pada pencahayaan gelap, kamera tidak mampu mendeteksi wajah, sehingga pengenalan wajah tidak dapat dilakukan.

Berdasarkan hasil tersebut, penulis melakukan analisa penyebab wajah tidak dikenali dalam beberapa pengujian dengan variasi kondisi pencahayaan dan jarak tertentu adalah kurangnya variasi data saat pengambilan data wajah terutama pada pencahayaan redup dan jarak 150 cm. Dalam hal mengatasi masalah pada pencahayaan gelap, dapat digunakan lampu *flash* pada kamera ESP32-CAM untuk membantu deteksi wajah.

Pengujian Sensor Sidik Jari

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa lama waktu respons pada sensor saat melakukan pengenalan sidik jari. Sensor sidik jari ini nantinya berfungsi sebagai membuka kunci pintu atau mengaktifkan kunci solenoid. Pengujian dilakukan menggunakan jari-jari dari tiga pengguna yang telah terdaftar dengan kondisi jari normal. Hasil pengujian sensor sidik jari dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Tabel Pengujian Sensor Sidik Jari

No. Id	Nama User	Jari Tangan	Waktu Respons (Detik)	Status
1	Abi	Jempol kanan	1.30	Dikenali
		Jempol kiri	2.91	Dikenali
2	Yusril	Jempol kanan	2.41	Dikenali
		Telunjuk kiri	2.17	Dikenali
3	Ari	Jempol kanan	2.41	Dikenali
		Telunjuk kiri	2.01	Dikenali
Waktu Rata - Rata			2.20	

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 2, dari enam percobaan pengenalan sidik jari yang dilakukan, sensor dapat mendeteksi semua jari-jari pengguna dengan baik. Waktu rata-rata respons yang dibutuhkan sensor untuk memverifikasi atau mengenali sidik jari adalah 2.20 detik. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan baik dalam mendeteksi sidik jari secara relatif cepat, meskipun terdapat sedikit perbedaan waktu dalam proses pengenalan. Perbedaan waktu respons ini kemungkinan disebabkan oleh karakteristik fisik jari dan cara pengguna menempatkan jari mereka pada sensor.

Pengujian Pengiriman Notifikasi Ke Telegram

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan sistem untuk mengirimkan foto wajah dan pesan status pintu hingga masuk ke Telegram. Pengujian dilakukan dalam kondisi jaringan yang stabil. Hasil pengujian mengenai kecepatan pengiriman notifikasi ke Telegram dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Kecepatan Pengiriman Pesan Notifikasi Ke Telegram

No. Id	Nama User	Percobaan Ke-	Waktu Delay	
			Foto wajah	Pesan Status pintu
1	Abi	Percobaan ke-1	1.57	2.73
		Percobaan ke-2	0.37	1.71
		Percobaan ke-3	0.44	0.1
2	Yusril	Percobaan ke-1	1.65	2.13
		Percobaan ke-2	0.39	1.49
		Percobaan ke-3	0.37	1.34
3	Ari	Percobaan ke-1	1.10	1.57
		Percobaan ke-2	0.54	1.62
		Percobaan ke-3	0.40	2.65
Waktu Rata - Rata			0.76	1.78

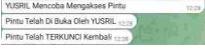
Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 3, tiga pengguna melakukan uji coba sebanyak tiga kali untuk pengiriman foto wajah dan pesan status pintu setelah verifikasi sidik jari, dengan total sembilan percobaan. Waktu rata-rata pengiriman foto wajah ke Telegram adalah 0.76 detik, sedangkan waktu rata-rata pengiriman pesan status pintu adalah 1.78 detik. Pengiriman foto wajah lebih cepat dibandingkan pesan status pintu yang disebabkan oleh proses data atau sinkronisasi sistem sidik jari dengan server. Secara keseluruhan, sistem pengiriman notifikasi ke Telegram dinilai stabil dan responsif, dengan rata-rata waktu pengiriman di bawah 3 detik.

Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian sistem dilakukan dengan menggabungkan seluruh perangkat keras yang telah dirancang untuk mengevaluasi kinerja sistem sesuai perencanaan. Pengujian meliputi pengenalan wajah menggunakan LBPH, sensor sidik jari serta pengiriman pesan dan status pintu ke Telegram oleh pengguna terdaftar. Selain itu, pengujian ini juga mencakup berbagai kemungkinan kondisi pintu saat terjadi kesalahan atau kegagalan pengenalan wajah dengan Metode LBPH. Pengujian dilakukan pada pengguna terdaftar dan tidak terdaftar. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Pengujian Keseluruhan Sistem

No.	Status No. ID (Nama)	Hasil Pengenalan Wajah User	Sensor sidik jari		Status Kunci Pintu	Pesan Notifikasi Telegram
			Status Sensor	Jari Tangan User (Terdaftar)		
1	Terdaftar Id = 1 (Abi)		Aktif	Jempol kanan & kiri	Terbuka	

No.	Status No. ID (Nama)	Hasil Pengenalan Wajah User	Sensor sidik jari		Status Kunci Pintu	Pesan Notifikasi Telegram
			Status Sensor	Jari Tangan User (Terdaftar)		
2	Terdaftar Id = 2 (Yusril)		Aktif	Jempol Kanan & Telunjuk Kiri	Terbuka	
3	Terdaftar Id = 3 (Ari)		Aktif	Jempol Kanan & Telunjuk Kiri	Terbuka	
4	Tidak Terdaftar Id = - (Rizki)		Tidak Aktif	Tidak Ada	Tertutup	
5	Terdaftar Id = 1 (Abi)		Aktif	Jempol kanan & kiri	Terbuka	
6	Tidak Terdaftar Id = - (Rizki)		Aktif	Tidak Ada	Tertutup	

Berdasarkan pengujian sistem yang dilakukan, hasilnya menunjukkan bahwa sistem berfungsi sesuai perencanaan dan tujuan awal. Pada kondisi pengguna terdaftar, baik wajah maupun sidik jari, seperti pada kondisi 1, 2, 3 dan 5, pintu dapat terbuka dan notifikasi dikirim ke Telegram, meskipun pada kondisi 5 terjadi kesalahan pengenalan wajah akibat kemiripan tekstur. Terkait pengguna tidak terdaftar (kondisi 4), pintu tetap terkunci dan notifikasi foto wajah akan dikirim ke Telegram. Pada kondisi 6, meskipun sistem mengenali wajah pengguna yang tidak terdaftar sebagai pengguna terdaftar, pintu tetap terkunci karena verifikasi sidik jari tidak berhasil. Sistem ini menggunakan verifikasi sidik jari sebagai langkah kedua, sehingga pintu tetap terkunci jika tidak ada sidik jari yang dikenali.

KESIMPULAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengenalan wajah dengan Metode LBPH dapat mendeteksi wajah pengguna dengan akurasi 85% pada jarak 30–150 cm dalam pencahayaan terang, dan 65% dalam pencahayaan redup. Pada kondisi gelap, pengenalan wajah gagal tanpa bantuan lampu *flash*. Pengujian pengenalan sidik jari menunjukkan waktu rata-rata pengenalan 2.20 detik, pengiriman notifikasi ke

Telegram dalam kondisi jaringan stabil memerlukan waktu rata-rata 0.76 detik untuk gambar wajah dan 1.78 detik untuk pesan status pintu.

Berdasarkan hasil pengujian keseluruhan sistem pengguna yang terdaftar, baik wajah maupun sidik jarinya, dapat mengakses pintu, sementara pengguna tidak terdaftar tidak dapat membuka pintu. Penambahan sensor sidik jari sebagai verifikasi kedua dan notifikasi Telegram berhasil mengatasi kekurangan pengenalan wajah LBPH, terutama saat terjadi kesalahan pengenalan karena perubahan pencahayaan yang signifikan maupun kemiripan tekstur. Secara keseluruhan, sistem dual keamanan dengan pengenalan wajah LBPH, sidik jari dan notifikasi Telegram berfungsi dengan baik dan meningkatkan keamanan pintu. Dengan ini dapat disimpulkan bahwa dual sistem keamanan pada pintu menggunakan pengenalan wajah LBPH dan sidik jari serta notifikasi telegram dapat berfungsi dengan baik dan sesuai perencanaan serta berhasil meningkatkan keamanan pintu secara keseluruhan.

REFERENSI

[1] E. H. Ulfa, M. Abroruddin, F. Ramadhan, and A. Roihan, "Perancangan Sistem Pengaman

- Pintu Rumah menggunakan Sidik Jari berbasis Arduino,” *SELL J.*, vol. 5, no. 1, p. 55, 2020.
- [2] I. Gusman and R. Mukhaiyar, “Sistem Buka Tutup Pintu Otomatis Berbasis Sensor Wajah,” *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 4, no. 2, pp. 511–518, 2023, doi: 10.24036/jtein.v4i2.400.
- [3] R. Muwardi and R. R. Adisaputro, “Design Sistem Keamanan Pintu Menggunakan Face Detection,” *J. Teknol. Elektro*, vol. 12, no. 3, p. 120, 2021, doi: 10.22441/jte.2021.v12i3.004.
- [4] V. Pradana and H. L. Wiharto, “Rancang Bangun Smart Locker Menggunakan Rfid Berbasis Arduino Uno,” *El Sains J. Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 55–61, 2020, doi: 10.30996/elsains.v2i1.4016.
- [5] R. Arlando Saragih, “Pengenalan Wajah Menggunakan Metode Fisherface,” *J. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 1, pp. 50–61, 2007, doi: 10.9744/jte.7.1.50-62.
- [6] A. Kasinski and A. Schmidt, “The architecture and performance of the face and eyes detection system based on the Haar cascade classifiers,” *Pattern Anal. Appl.*, vol. 13, no. 2, pp. 197–211, 2010, doi: 10.1007/s10044-009-0150-5.
- [7] M. M. Asri and Haddad Maulana, “Smart Security Camera dengan Metode LBPH dan Haar- Cascade Berbasis Raspberry Pi dan Aplikasi Telegram Smart Security Camera dengan Metode LBPH dan Haar- Cascade Berbasis Raspberry Pi dan Aplikasi Telegram,” no. 19524005, pp. 1–47, 2023.
- [8] F. L. Ramadini and E. Haryatmi, “Penggunaan Metode Haar Cascade Classifier dan LBPH Untuk Pengenalan Wajah Secara Realtime,” *InfoTekJar J. Nas. Inform. dan Teknol. Jar.*, vol. 6, no. 2, pp. 1–8, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/infotekjar/article/view/4714/pdf>.
- [9] R. H. Bustomi and T. Hariyanto, “Sistem Absensi Berbasis Pengenalan Wajah Dengan Metode Lbph Menggunakan Raspberry Pi,” *Pros. Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, pp. 26–27, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.polban.ac.id/proceeding/article/view/2047>.
- [10] A.-Suryansah, R.-Habibi, R. M. Awangga, and R. N. S. Fatonah, “Implementasi Face Recognition Untuk Mengakses Ruangan,” *J. Mediat.*, vol. 3, no. 3, p. 25, 2020, doi: 10.26858/jmtik.v3i3.15176.
- [11] W. A. Putra, R. Maulana, and F. Utamingrum, “Implementasi Sistem Otomatisasi Pintu Dengan Face Recognition Menggunakan Metode Haar-Cascade Dan Local Binary Pattern Pada Raspberry Pi,” *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. Univ. Brawijaya*, vol. 2, no. 12, pp. 6997–7006, 2018.
- [12] H. Fauziman and R. Mukhaiyar, “Rancang Bangun Sistem Keamanan Pintu Menggunakan Fingerprint Berbasis Internet Of Things (IoT),” *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 4, no. 2, pp. 529–537, 2023, doi: 10.24036/jtein.v4i2.438.
- [13] T. Juwariyah and A. C. Dewi, “Rancang Bangun Sistem Keamanan Sepeda Motor Dengan Sensor Sidik Jari,” *Bina Tek.*, vol. 13, no. 2, p. 223, 2017, doi: 10.54378/bt.v13i2.227.
- [14] I. I. Setiawan, A. Jaenul, and D. Priyokusumo, “Prototipe Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Face Recognition Berbasis Raspberry Pi 4,” *J. Poltekba*, vol. 4, no. 1, pp. 496–501, 2020.
- [15] Q. Mutiara and E. Prasetyo, “Perbandingan Metode Eigenface, Fisherface, dan LBPH pada Sistem Pengenalan Wajah,” *J. Ilm. Komputasi*, vol. 18, no. 4, 2019, doi: 10.32409/jikstik.18.4.2675.
- [16] D. Yulianti, I. Triastomoro, and S. Sa'idah, “Identifikasi Pengenalan Wajah Untuk Sistem Presensi Menggunakan Metode Knn (K-Nearest Neighbor),” *J. Tek. Inf. dan Komput.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–10, 2022, doi: 10.37600/tekinkom.v5i1.477.
- [17] S. Sunardi, A. Yudhana, and M. A. Talib, “Perancangan Sistem Pengenalan Wajah untuk Keamanan Ruangan Menggunakan Metode Local Binary Pattern Histogram,” *J. Teknol. Elektro*, vol. 13, no. 2, p. 123, 2022, doi: 10.22441/jte.2022.v13i2.010.
- [18] R. Pradista, T. Darmanto, and A. Yulius, “Simulasi Pengenalan Wajah Dengan Metode Local Binary Pattern Histogram (Lbph),” *J. InTekSis*, vol. 11, no. 1, p. 78-88, 2024.